

(19)日本特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許出願公告番号

特公平6-83143

(24) (44)公告日 平成6年(1994)10月19日

(51)Int. CL <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 10/04				
H 0 1 S 3/103				
3/18				
H 0 4 B 10/06				
		8523-5K	H 0 4 B 9/ 00	L
				発明の数 2 (全 7 頁)

(21)出願番号 特願昭62-503119

(86) (22)出願日 昭和62年(1987)5月26日

(86)国際出願番号 PCT/GB 87/00360

(87)国際公開番号 WO 87/07458

(87)国際公開日 昭和62年(1987)12月3日

(65)公表番号 特表昭63-503430

(43)公表日 昭和63年(1988)12月8日

(31)優先権主張番号 8612956

(32)優先日 1986年5月28日

(33)優先権主張国 イギリス(GB)

(71)出願人 999999999

ブリティッシュ・テレコミュニケーション  
ズ・パブリック・リミテッド・カンパニ  
英国イーシー1エイ 7エイジエイ・ロン  
ドン・ニューゲートストリート81番地

(72)発明者 ウェブ ロドリック・ピータ

英国サフォーク・ウッドブリッジ・ブラク  
スホール・ストーンコモン・シメーカコテ  
ージ (番地なし)

(74)代理人 弁理士 井出 直幸

審査官 橋爪 健

(56)参考文献 特開 昭60-157279 (JP, A)

米国特許4674830 (US, A)

(54)【発明の名称】 光信号再生方法および光信号再生器

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ発振しきい値を超えるバイアス電流が供給されたときにその共振波長でレーザ発振を生じる共振型のレーザ増幅器に、そのレーザ発振しきい値より低レベルのバイアス電流を供給し、その状態でそのレーザ増幅器に、光情報信号と、波長が前記共振波長と異なりそのレーザ増幅器が高利得状態となる程度より低く前記光情報信号と結合したときの総パワーがそのレーザ増幅器を高利得状態に移転させることができる程度の光パワーの光クロック信号とを入射し、前記光情報信号が高レベルのときに前記光クロック信号に同期してその光クロック信号の波長で前記レーザ増幅器をレーザ発振させる光信号再生方法。

2

【請求項2】 レーザ発振しきい値を超えるバイアス電流が供給されたときにその共振波長でレーザ発振を生じる共振型のレーザ増幅器と、このレーザ増幅器にレーザ発振しきい値より低レベルのバイアス電流を供給するバイアス手段と、二つの入力ポートにそれぞれ入力された光信号を結合して前記レーザ増幅器に出力する光結合器と、この光結合器の一方の入力ポートに光情報信号を入力する第一の入力手段と、この光結合器の他方の入力ポートに光クロック信号を入力する第二の入力手段とを備え、前記光クロック信号は、波長が前記共振波長と異なり、前記光情報信号が高レベルのときにその光クロック信号に同期してその光クロックの波長で前記レーザ増幅器が

(2)

特公平6-83143

3

レーザ発振するように、その光パワーが、前記レーザ増幅器が高利得状態となる程度より低く、前記光情報信号と結合したときの総パワーがそのレーザ増幅器を高利得状態に遷移させることができ、かつ高利得状態のときにはそれを維持することができる程度に設定された光信号再生器。

【請求項3】前記入力手段は、光クロック信号を発生して前記光結合器の前記他方の入力ポートに供給する光クロック信号発生器を含む請求項2記載の光信号再生器。

【請求項4】前記光クロック信号発生器は、光クロック信号の光パワーをその信号だけで前記レーザ増幅器に大きなレーザ発振が生じる程度よりわずかに低レベルに制御するパワー制御手段を含む請求項3記載の光信号再生器。

【請求項5】前記レーザ増幅器は半導体レーザ増幅器である請求項2記載の光信号再生器。

【請求項6】前記半導体レーザ増幅器は共振型のファブリペロー増幅器である請求項5記載の光信号再生器。

【請求項7】前記半導体レーザ増幅器は分布帰還レーザである請求項5記載の光信号再生器。

【請求項8】前記レーザ増幅器の出力側には、前記光結合器から入力されて増幅された光情報信号成分および前記レーザ増幅器で発生する自然放光を分離する濾波手段が設けられた請求項2記載の光信号再生器。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

本発明は光パルスの形状により情報信号を伝送する通信装置およびデータ伝送装置に利用する。特に、光パルス波形を再生して伝送する光信号再生器に関する。

本明細書において「光」とは、電磁スペクトラムの可視領域だけでなく、可視領域の両側の、光ファイバのような誘電体光導波路により伝送可能な赤外および紫外領域を含む。

【従来の技術】

光ファイバその他の誘電体導波路を用いて、光パルスの形状により情報信号を伝送する通信装置およびデータ伝送装置が一般に用いられるようになっている。光パルスの光源および光ファイバ導波路の改善により、光信号を伝送できる範囲が100kmないし200kmに増大したが、その一方で、それ以上の距離を伝送する場合や、光信号のパワーがビームの分離や切替その他の処理により減衰する場合には、信号を再生する必要がある。従来の中継器では、光信号をホトダイオードで受光して電気信号に変換し、その電気信号を電気的な再生回路により増幅および波形整形し、それを光パルスに変換して再び次の光ファイバ伝送線路に送出している。

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、光信号を電気信号に変換することなくその波形を再生して伝送することのできる光信号再生方法および光信号再生器を提供することを目的とする。

4

【課題を解決するための手段】

本発明の第一の観点は光信号再生方法であり、レーザ発振しきい値を超えるバイアス電流が供給されたときにその共振波長でレーザ発振を生じる共振型のレーザ増幅器に、そのレーザ発振しきい値より低レベルのバイアス電流を供給し、その状態でそのレーザ増幅器に、光情報信号と、波長が前記共振波長と異なりそのレーザ増幅器が高利得状態となる程度より低く光情報信号と結合したときの総パワーがそのレーザ増幅器を高利得状態に遷移させることができかつ高利得状態のときにはそれを維持することができる程度の光パワーの光クロック信号とを入力し、光情報信号が高レベルのときに前記光クロック信号に同期してその光クロック信号の波長でレーザ増幅器をレーザ発振させることを特徴とする。

本発明の第二の観点は光信号再生器であり、レーザ発振しきい値を超えるバイアス電流が供給されたときにその共振波長でレーザ発振を生じる共振型のレーザ増幅器と、このレーザ増幅器にレーザ発振しきい値より低レベルのバイアス電流を供給するバイアス手段と、二つの入力ポートにそれぞれ入力された光信号を結合してレーザ増幅器に出力する光結合器と、この光結合器の一方の入力ポートに光情報信号を入力する第一の入力手段と、この光結合器の他方の入力ポートに光クロック信号を入力する第二の入力手段とを備え、光クロック信号は、波長が前記共振波長と異なり、光情報信号が高レベルのときにその光クロック信号に同期してその光クロックの波長でレーザ増幅器がレーザ発振するように、その光パワーが、レーザ増幅器が高利得状態となる程度より低く、光情報信号と結合したときの総パワーがそのレーザ増幅器を高利得状態に遷移させることができ、かつ高利得状態のときにはそれを維持することができる程度に設定されたことを特徴とする。

【作用】

共振型レーザ増幅器。特に半導体レーザ増幅器では、利得が入力光波長により影響を受け、共振波長よりほんの少し(0.2nm程度)波長の短いまたは長い光入力に対して、ヒステリシス特性が得られる。本発明は、これを利用して光信号の再生を行う。

このためにはまず、レーザ増幅器にレーザ発振しきい値より小さいバイアス電流を供給しておく。この状態では、レーザ増幅器は発振しない。この状態で、そのレーザ増幅器に光入力がないときの共振波長とは異なる波長の光を入力すると、その光パワーがあるしきい値(これを「双安定しきい値」という)を超えたときに急激なレーザ発振(光増幅)が生じる。また、レーザ発振が行われている状態で入力光パワーが双安定しきい値以下に低下しても、ある程度のレベルまではレーザ発振が維持される。

ヒステリシス特性が得られるのは、レーザ増幅器に入力される光パワーが増加すると、誘導放出が増加して再結

(3)

特公平6-83143

5

台速度が増加し、これによってキャリア密度が低下し、この結果、レーザ増幅器の活性領域の実効屈折率がこの領域を通過する光パワーと共に増加するからである。したがって、レーザ発振が行われているときには、レーザ増幅器の共振波長が長波長側にシフトし、所定の波長における利得が変化する。この結果、レーザ発振が開始されるしきい値と終了するしきい値とが異なるようになる。すなわち、レーザ増幅器のパワー伝達特性が非線形となり、適当な入力波長において双安定動作が可能となる。

これを利用して光信号の再生を行うには、光情報信号と光クロック信号とを組み合わせ、これらを共振型のレーザ増幅器に入力する。光クロック信号としては、所望の再生速度に等しい速度で、しかもレーザ増幅器が双安定となる波長の光パルス列で構成される。光クロック信号の尖頭値については、レーザ増幅器が高利得状態に移移する双安定しきい値の光パワーレベルよりわずかに低レベルに保持する。

入力される光情報信号が低レベルのときには、レーザ増幅器の出力は低利得状態となり、その出力は、わずかに増幅された光クロック信号となる。入力される光情報信号が十分なレベルに増加すると、その光情報信号と光クロック信号との総光パワーが双安定しきい値を越えるようになる。これにより突然に、レーザ増幅器の共振波長がそこを通過する光の波長に一致し、レーザ増幅器が高利得状態に移移する。この状態は、入力される光情報信号のレベルが再び低下しても、そのときの光クロック信号のパルスが終了するまで維持される。この間のレーザ増幅器の出力は、大きく増幅された光クロック信号のパルスとなる。

レーザ増幅器から出力される再生された信号は、光クロック信号のタイミングに同期し、波長も光クロック信号と同じリターン・ツー・ゼロ・パルス列となる。

双安定動作をトリガできる適当な利得が得られる波長であれば、入力される光情報信号の波長は光クロック信号と同じである必要はない。したがって、例えばレーザ増幅器のモード間隔の倍数だけ、入力と出力との間で波長をシフトさせることもできる。

光信号再生器は、システムクロックその他の標準クロックに同期して光クロック信号を発生する光クロック信号発生器を含むこともできる。また、これとは別に、入力光情報信号からタイミング情報を抽出し、この抽出したタイミング情報により光クロック信号を発生する構成とすることもできる。この場合に、光クロック信号の出力光パワーをレーザ増幅器の双安定しきい値よりわずかに低レベルに制御するパワー制御手段を含むことが望ましい。このパワー制御手段は、例えば、再生出力信号が得られていないときのレーザ増幅器の出力を監視し、監視出力によって光クロック信号のパワーを制御する。

共振型のレーザ増幅器は、半導体レーザ増幅器により形

6

成されることが望ましく、共振型ファブリペロー増幅器または分布帰還レーザであることが望ましい。

光クロック信号の波長は、入力される光情報信号の波長と異なることが望ましく、光情報信号よりわずかに長波長であることが望ましい。しかし、レーザ増幅器がファブリペロー型のときには、モード間隔の倍数だけ上下に、光クロック信号の波長を入力される光情報信号の波長から離すことができる。典型的には、光クロック信号として、入力される光情報信号より10ナノメートルまたは数10ナノメートルのオーダーだけ長波長または短波長のものを用いる。これにより、光クロック信号と同じ波長をもつ再生された光情報信号は、その波長が入力された光情報信号の波長からシフトすることになる。これは、利用分野によっては有効である。実用的には、光信号再生器を波長シフタとして使用することもできる。

モノクロメータまたは狭帯域フィルタその他の濾波手段を共振型レーザ増幅器の出力側に配置し、わずかに増幅された入力情報信号およびレーザにより発生する自然放出から、再生された情報信号を分離することもできる。しかし、レーザの出力側で再生された光情報信号を受光する装置が、再生された信号波長の光にしか応答しない場合には、濾波手段は必ずしも必要ではない。

【実施例】

第1図は異なる波長に対する共振型のレーザ増幅器の入力パワーと出力パワーとの特性を示すグラフであり、第2図はレーザ増幅器の典型的な動作範囲を示す入力パワーに対する出力パワーのグラフであり、第3図は光信号再生器をその動作を試験するための装置と共に示す図である。

- 30 第3図を参照すると、本発明実施例の光信号再生器は光結合器1を備え、この光結合器1には、光情報信号用の入力ポート2、光クロック信号用の入力ポート3およびこれらに入力された光を結合して出力する出力ポート4が設けられる。光信号再生器はさらに、光結合器1の出力ポート4からの出力光を受光するレーザ増幅器5を備える。レーザ増幅器5としては、例えば、ネルソン、ウォーキング、レグノールト、ホップス、マーレルおよびウォーリングによる、エレクトロニクスレターズ第21巻第11号(1985年5月23日)第493頁ないし第494頁、「ハイ・パフォーマンス・DC-FBHレーザズ・アット1.52マイクロメートルズ・バイ・ア・ハイブリッド・MOCVD/LPEプロセス」と題された論文(Electronics Letters 23 May 1985, Vol. 21, No. 11, pp493-494, "High Performance DC-FBH Lasers at 1.52 micrometres by a Hybrid MOCVD/LPE Process", by Nelson A W, Wong S, Regnault J C, Hobbs R E, Murrel D L, and Walling R H)に示されたような、ダブル・チャンネル・プレーナ埋め込みヘテロ構造半導体レーザを用いる。レーザの端面反射率は、反射防止被膜を設けることにより、3%に削減されている。
- 50 光信号再生器の有効性を調べる実験として、第一の入力

(4)

特公平6-83143

7

ポート2に供給する入力信号を分布帰還レーザ7により生成した。この分布帰還レーザ7の発振波長は1526nmであり、これを140Mb/secのパターン発生器8により駆動した。このパターン発生器8により、光情報の流れを表す光パルスの連続的な流れを生成した。また、パターン発生器8を用いてクロック源を駆動した。このクロック源は、波長1514nmで発振する同調可能な外部共振レーザ9により構成される。レーザ増幅器5の出力は、中心波長が1514nmの光帯域通過フィルタ10を通過し、ホトダイオード11により受光される。ホトダイオード11の出力はオシロスコープ12の入力に接続される。受光器およびオシロスコープの構成を用いて、レーザ増幅器5の出力を監視すると同様に、結合器1の出力ポート13で、レーザ増幅器への組み合わされた光信号入力を監視することもできる。また、これとは別に、出力ポート13を従来の方法により無反射終端することもできる。

第1図は四つの異なる波長光入力に対するレーザ増幅器5の典型的な理論的特性A、B、CおよびDに示す。これらの特性は、入力パワーが零のときのレーザ増幅器の共振波長よりそれぞれ0.1、0.15および0.2nmだけ長い波長のときの特性である。入力パワーが零のときのレーザ増幅器の共振波長と異なる光に対して、特性曲線は一般にS字型となる。この場合に、入力波長が零パワー共振の波長を0.1nm以下しか越えていない場合には、曲線AおよびBに示すように、双安定の特性は得られない。S字型の曲線CおよびDは、入力波長がわずかに長いときにレーザ増幅器が双安定特性となることを示す。このような状況において、入力パワーが増加すると、出力パワーが次第に増加し、特性曲線の第一の凸部に達する。この凸部が、その入力波長でより高い増幅レベルに遷移するレーザの双安定しきい値を決定する。入力パワーが双安定しきい値に達するとすぐに、突然の遷移が生じ、出力パワーが特性曲線の上側の部分の値に増加する。

第2図はこのような特性曲線のひとつを示す。この図から、レーザ増幅器5を通過する光クロック信号のパワーを双安定しきい値に近い値に設定すると、例えば入力光信号に光情報信号を供給して光パワーをわずかに増加させることにより、双安定しきい値を十分に越えることができる。これにより、レーザ増幅器の出力パワーが第2図に示した曲線の上側の部分に瞬間的に遷移する。この後に入力される光情報信号のレベルが減少しても、出力パワーは曲線の上側の部分に保持される。したがって、光情報信号のレベルがその後低下しても、それとは無関係に、光クロック信号のパルスが残っている間、出力信号が高レベルに維持される。したがって、例えば光ク

8

ロック信号と光情報信号とをレーザ増幅器5に入力すると、レーザ増幅器の出力が第2図に示したヒステリシス曲線を描き、入力された光情報信号の「1」および「0」に対応して、光クロック信号の周期に同期した再生光情報信号が出力される。入力される光情報信号が低レベルのときには、光クロック信号に対する増幅率が低レベルとなり、消光比が有限となってレーザ発振は生じない。

第4図および第5図は光信号再生器の動作例を示す図であり、入力された光情報信号が低レベルのときの出力と、高レベルのときに出力とを示す。外部共振レーザ9から光クロック信号としてのクロックパルス列を供給するが、分布帰還レーザ7からは光情報信号を供給しないと、図4に示すように、レーザ増幅器5を通過するときに光クロック信号がわずかに増幅され、1514nmの低レベル出力が発生する。これに対し、分布帰還レーザ7で約1マイクロワットの高レベルの連続的な信号を生成してレーザ増幅器5に入力すると、レーザ増幅器5が双安定しきい値に達し、第5図に示すように、1514nmの高レベル出力が得られる。

第6図は光情報信号の一例の波形を示し、第7図はそれに対する出力波形を示す。第6図の波形は、分布帰還レーザ7をパターン発生器8の出力で変調し、140Mb/secのノン・リターン・ツー・ゼロ符号列を発生したものである。これに 대응したレーザ増幅器5の出力は、第7図に示すように、1514nmのノン・リターン・ツー・ゼロ符号の再生パターンとなる。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明の光信号再生方法および光信号再生器は、光情報信号の光パルス波形を電気信号に変換することなく直接に再生して伝送することができる効果がある。

図面の簡単な説明

第1図は異なる波長に対するレーザ増幅器の入力パワーと出力パワーとの特性を示すグラフ。

第2図はレーザ増幅器の典型的な動作範囲を示す入力パワーに対する出力パワーのグラフ。

第3図は光信号再生器をその動作を試験するための装置と共に示す図。

第4図は光信号再生器の動作例を示す図であり、入力された光情報信号が低レベルのときの出力を示す図。

第5図は光信号再生器の動作例を示す図であり、入力された光情報信号が高レベルのときの出力を示す図。

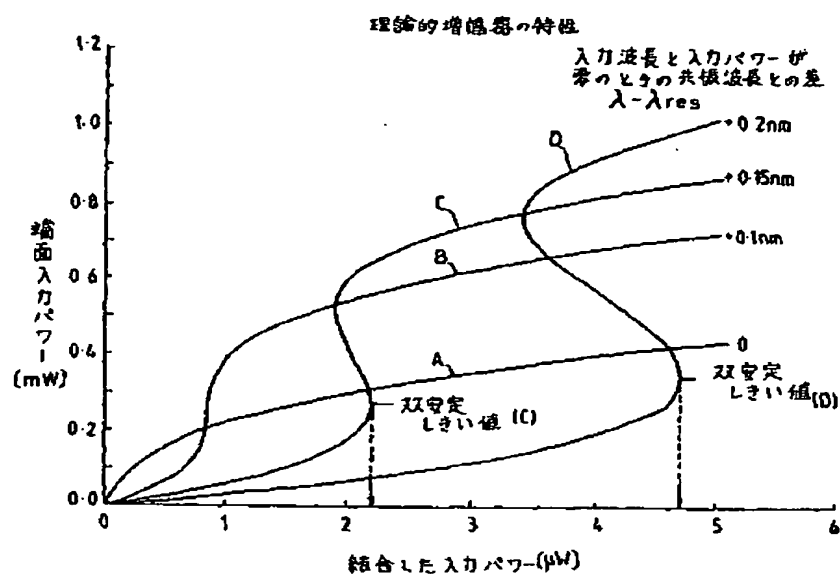
第6図は光情報信号の一例の波形を示す図。

第7図は対応する出力波形を示す図。

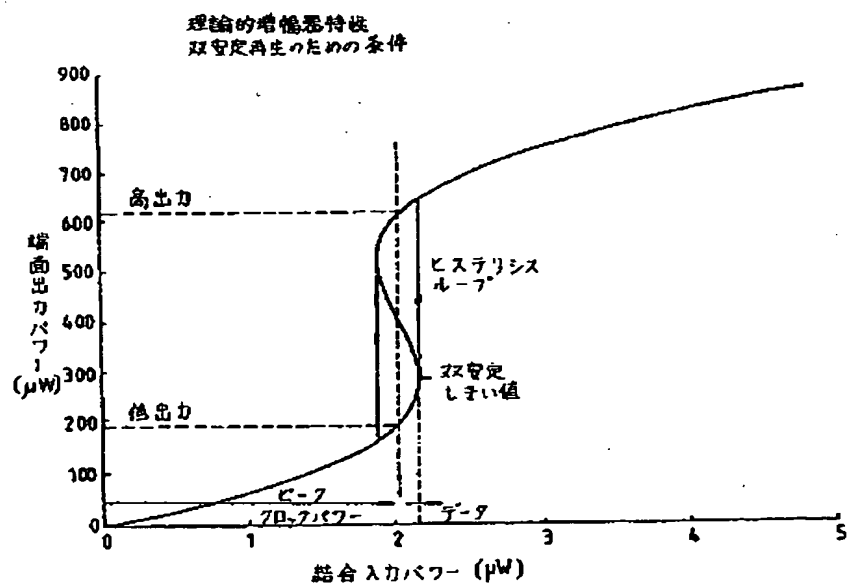
(5)

特公平6-83143

【第1図】



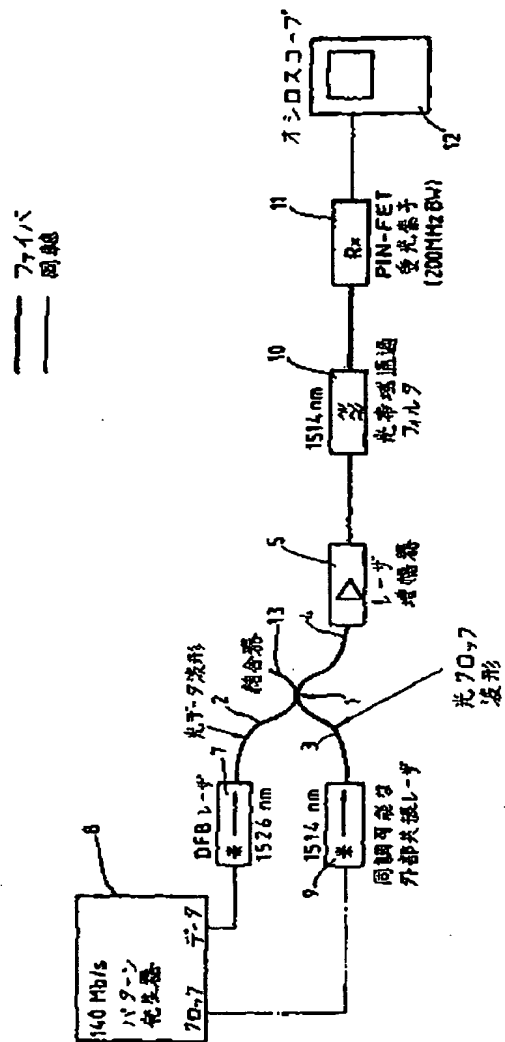
【第2図】



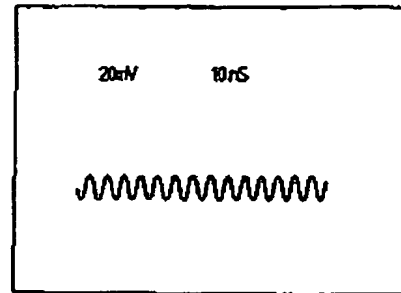
(6)

特公平6-83143

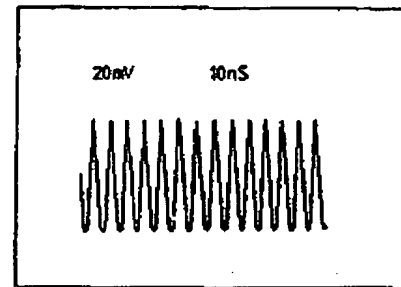
【第3図】



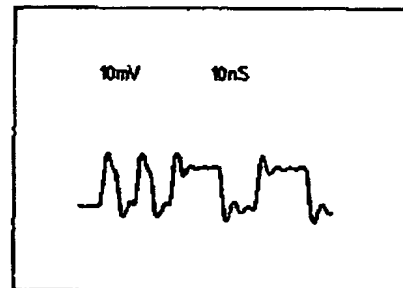
【第4図】



【第5図】



【第6図】



(7)

特公平6-83143

【第7図】

